

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-132215  
 (43)Date of publication of application : 06.05.1992

(51)Int.Cl.

H01L 21/205  
 H01L 21/302  
 H05H 1/46

(21)Application number : 02-253730  
 (22)Date of filing : 21.09.1990

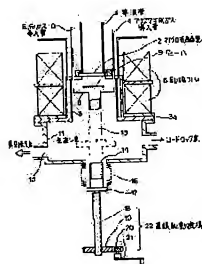
(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD  
 (72)Inventor : ISHIOKA HISAMICHI

## (54) MICROWAVE PLASMA TREATMENT APPARATUS AND ITS OPERATING METHOD

## (57)Abstract:

PURPOSE: To increase a film formation speed exceeding a limit without making an apparatus large-sized and complicated and without increasing a cost by a method wherein a stage and an object to be treated can be passed through the opposite side of a microwave transmission window at a plasma generation chamber in the axial direction by keeping a gap and a face to be treated is situated inside the plasma generation chamber when the object to be treated is treated.

CONSTITUTION: In addition to a plasma generation gas introduction pipe 4, a reaction gas introduction pipe 10 is attached to a plasma generation chamber 3. When a thin film is formed on the surface of a wafer 9, a plasma generation gas and a reaction gas are introduced simultaneously from the two introduction pipes. The shape of the plasma chamber is formed to be of a structure of a cylindrical hollow resonator so that microwaves can efficiently be absorbed by a plasma. The opposite side of a microwave transmission window at the plasma generation chamber is formed in such a way that a stage and an object to be treated can be passed in the axial direction by keeping a gap. When the gap between the microwave transmission window and a face to be treated is set at  $\lambda/2$  (where  $\lambda/2$  represents the wavelength of microwaves in a vacuum), the position of a film is included surely. Even when the position is deviated, a plasma density is not 0 and the plasma density is large. As a result, a film-formation speed is increased.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

② 公開特許公報(A) 平4-132215

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

H 01 L 21/205  
21/302  
H 05 H 1/46

識別記号

庁内整理番号

B 7739-4M  
7353-4M  
9014-2G

⑥ 公開 平成4年(1992)5月6日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全6頁)

④ 発明の名称 マイクロ波プラズマ処理装置およびその操作方法

② 特 願 平2-253730

② 出 願 平2(1990)9月21日

④ 発 明 者 石 岡 久 道

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社

④ 出 願 人 富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

④ 代 理 人 弁理士 山 口 巖

明 細 書

1. 発明の名称 マイクロ波プラズマ処理装置およびその操作方法

2. 特許請求の範囲

1) 軸対称に形成されプラズマ生成ガスが導入されるプラズマ生成室にマイクロ波透過窓を通してマイクロ波を導入するとともに該プラズマ生成室内に磁界を形成してマイクロ波プラズマを生成し、このプラズマをステージに搬送された被処理物の表面に照射して表面を処理するマイクロ波プラズマ処理装置において、前記プラズマ生成室の反マイクロ波透過窓側がステージおよび被処理物が空腔を保って軸方向に通過可能に形成されるとともに、該反マイクロ波透過窓側に、ステージをプラズマ生成室の軸方向に通過させる直線駆動機構を備えとともにロードロック室と仕切り弁を介して連通して内部でステージへの被処理物の受渡しが行われる受渡し室を備え、被処理物の処理時に被処理面をプラズマ生成室内に位置させることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

2) 請求項第1項に記載のマイクロ波プラズマ処理装置において、プラズマ生成室がマイクロ波透過窓のプラズマ生成室内部側の面から反マイクロ波透過窓側端面に亘る軸方向の長さをマイクロ波波長の1/2以上に形成され、被処理物の処理時に被処理面とマイクロ波透過窓との間隔をマイクロ波波長の1/2以下に設定することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

3) 請求項第2項に記載の装置を用いて被処理物を処理する際の該装置の操作方法であって、プラズマ生成室内を真空引きしてロードロック室から受渡し室内で待機中のステージへ被処理物を受け渡した後、直線駆動機構を操作してステージをマイクロ波透過窓方向へ微小ピッチで前進させて被処理物の被処理面とマイクロ波透過窓との間隔がマイクロ波波長の1/2以下となる適宜の位置に停止させ、プラズマ生成室内に処理に用いるすべてのガスを導入しつつ被処理物を処理することを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置の操作方法。

3. 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

この発明は、マイクロ波プラズマを用いた被処理物の表面に膜層を形成し、あるいは表面をエッチングするマイクロ波プラズマ処理装置の構成と、このマイクロ波プラズマ処理装置を用いて被処理物の表面処理を行う際の装置の操作方法とに関する。

## (従来の技術)

従来のマイクロ波プラズマ処理装置の一例としてECR(電子サイクロトロン共鳴)プラズマCVD装置を第3図に示す。図示されないマイクロ波源で発生されたマイクロ波が導波管1を通り、マイクロ波透過窓2を通過して、図示されない真空排気装置で真空中に保たれたプラズマ生成室3に導入される。プラズマ生成室3内にはガス導入管4を通してプラズマ生成ガスが供給され、前記マイクロ波と、プラズマ生成室3内にて形成された励磁コイル5がプラズマ生成室3内に形成する磁界との作用でマイクロ波プラズマが生じる。

このプラズマは、前記励磁コイル5の形成する

励磁磁界に沿って下へ移動し、反応室7内にあって反応室外部のRF電源からRF電力が印加できるステージ8上に配置されたウエーハ9に照射される。反応室7にはガス導入管10を通して反応ガスが供給される。

マイクロ波を効率よくプラズマに吸収させるため、プラズマ生成室3は円筒空間共振器構造をとり、反応室7との間にある大きさの開口を持った金属製の窓6が設置されている。

このような装置において、例えばマイクロ波の周波数として通常工業的に用いられている2.45GHzを用い、プラズマ生成室内に遊星密度875ガウスの領域を形成して、プラズマ生成ガスに窒素、反応ガスにシリコンを用いると、マイクロ波電界と磁界とによる電子サイクロトロン共鳴効果によりプラズマ生成ガスが効率よく電離され、ウエーハ上にシリコン窒化膜が効率よく形成される。なお、前記RF電力をステージに印加して膜形成を行うと、膜の均質化、段差接続の改善、段差部の膜の平坦化等、目的に応じた膜層が可能である。

## (発明が解決しようとする課題)

上記マイクロ波プラズマ処理装置において成膜速度を増すためには、ステージ8をプラズマ生成室3方向に近づけ、ウエーハ表面に密度の高いプラズマ照射を受けさせることが有効である。ところがプラズマ生成室3と反応室7とは窓6によって分離されているため近づける範囲に制限があり、従って成膜速度はある程度以上は得られなかった。

この発明の目的は、装置の複雑化や大型化等、コスト上昇を招くような構成変更を伴うことなく、上記限界を超えて成膜速度を高めるマイクロ波プラズマ処理装置の構成と、この装置により被処理物を処理する際の装置の操作方法とを提供することである。

## (課題を解決するための手段)

上記課題を解決するために、この発明においては、軸対称に形成されプラズマ生成ガスが導入されるプラズマ生成室にマイクロ波透過窓を通してマイクロ波を導入するとともに該プラズマ生成室

内に磁界を形成してマイクロ波プラズマを生成し、このプラズマをステージに配置された被処理物の表面に照射して表面を処理するマイクロ波プラズマ処理装置を、前記プラズマ生成室の反マイクロ波透過窓側がステージおよび被処理物が空腔を保って軸方向に通過可能に形成されるとともに、該反マイクロ波透過窓側に、ステージをプラズマ生成室の軸方向に通過させる直線駆動機構を備え、とともにロードロック室と仕切り弁を介して通過して内部でステージへの被処理物の受渡しが行われる受渡し室を備えた構成とし、被処理物の処理を、被処理物の被処理面をプラズマ生成室内に位置させて行う装置とするものとする。そして、この構成原理に基づく具体的な装置をプラズマ生成室がマイクロ波透過窓のプラズマ生成室内側の面から反マイクロ波透過窓側端面に到る軸方向の長さをマイクロ波波長の1/2以上に形成され、被処理物の処理時に被処理面とマイクロ波透過窓との間隔をマイクロ波波長の1/2以下に設定する装置とすれば好適である。

また、この具体的な装置を用いて被処理物を処理する際の該装置の操作方法を、プラズマ生成室内を真空引きしてロードロック室から受渡し室内で待機中のステージへ被処理物を受け渡した後、直線駆動機構を操作してステージをマイクロ波透過窓方向へ微小ピッチで前進させて被処理物の被処理面とマイクロ波透過窓との間隔がマイクロ波波長の1/2以下となる適宜の位置に停止させ、プラズマ生成室内に処理に用いるすべてのガスを導入し、つづき被処理物を処理する方法とするものとする。

#### (作用)

マイクロ波プラズマ処理装置をこのように構成し、被処理物の処理を、プラズマ生成室内に被処理物を位置させて行うことにより、被処理面は、プラズマ生成室内の密度の高いプラズマ照射を受け、従って、成膜時には反応ガスをプラズマ生成室内に導入することにより、プラズマ生成ガスと反応ガスとを成分とする薄膜が、従来装置で可能な限界を超えて高速度で形成される。この場合、プラズマ生成室の反マイクロ波透過窓側は従来の

ような窓を必ずしもとしない。これは、従来のプラズマ生成室がマイクロ波を効率よくプラズマに吸収させるために窓を備えた空洞共振器として形成され、窓を一方の反射面としてプラズマ生成室内にマイクロ波の定在波を形成した状態でプラズマ生成ガスがプラズマ化されるのであるが、本発明者の実験によれば、窓を除去しても、プラズマ生成室から発散磁界に拘って反応室内へ移動するプラズマの密度に変化はなく、プラズマ生成室内でのプラズマ生成量が一定に保たれるからである。このように、窓の有無にかかわらず、プラズマ生成量が一定に保たれる理由は、実施例の項で詳細を説明するように、プラズマ生成室内に一旦プラズマが形成されると、プラズマ生成室内のマイクロ波の波長が短くなり、窓が定在波を成立させる位置的条件を満たさなくなるとともに、マイクロ波がプラズマに吸収されて先へ進まなくなるためである。従って、プラズマの生成はマイクロ波透過窓に近いほど活発に行われる。この発明はこのようなマイクロ波の波長の変化と進行方向

の減衰とに着目したものである。

従ってマイクロ波プラズマ装置の具体構成として、プラズマ生成室をマイクロ波透過窓のプラズマ生成室内側の面から反マイクロ波透過窓側端面に到る軸方向の長さがマイクロ波波長の1/2以上となるように形成するとともに、被処理物の被処理面とマイクロ波透過窓との間隔をプラズマ形成用のマイクロ波波長、すなわち真空中のマイクロ波波長に等しい波長の1/2以下の適宜の間隔とすることにより、この間隔内にマイクロ波の電界強度が最大の、従ってプラズマ生成量が最大の位置が含まれ、成膜速度を可能最大とすることができる。しかも、プラズマ生成室は定在波の半波数を3個とした通常の大きさのものと比較して高さが大幅に低くなり、また、従来の反応室は被処理物受渡しのための受渡し室としてより小形化されるため、該装置本体が小さくなり、直線駆動機構がステージの軸方向移動量の増加分や大形化する欠点を十分補って装置のコスト上昇を抑えることができる。

また、この小形化された装置本体を有するマイクロ波プラズマ処理装置を用いて被処理物を処理する際に、ステージをマイクロ波透過窓方向へ微小ピッチ、例えば1mmピッチで前進させることにより、ガス種、ガス流量、ガス圧力等の成膜条件が変わっても、成膜速度が最大となる被処理面の位置、あるいは成膜速度が十分に大きくかつ膜厚分布がより一様になる位置等、目的に最も適した被処理面の位置を精度よく求めることができる。

#### (実施例)

第1図に本発明の一実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す。図において、第3図と同一の部材には同一符号が付されている。この実施例では第3図における窓6が除去されて第3図と同一高さのプラズマ生成室3が下方へ開放され、この開放端のフランジ3aに真空中でウエハの受渡しを行うための受渡し室11が取り付けられている。この受渡し室11は図示されないロードロック室と仕切り弁を介して結合される。この受渡し室11には、プラズマ生成室3の軸端を外れた

位置に排気口13が形成され、軸線15には直線駆動機構と結合される連結軸15が通る孔14が形成されている。連結軸15は、金属ベローズ16の下方端に周縁が気密に接合されたフランジ17を介して直線駆動機構22のねじ棒18と結合される。ねじ棒18は、1回転方向にのみトルクを伝達するラチェットレバー21を、1動作の回転角度を決めた上で繰返し回転操作し、歯車20を介して固定ナット19を1方向に回転させることにより、軸まわり非回転の微小ピッチで前進または後退する。なお、ラチェットレバー21の代りに、軸の回転量が入力パルスの数に比例して得られるパルスモータを使用することにより、操作を容易にすることも可能である。

また、プラズマ生成室3には、プラズマ生成ガス導入管4のほか反応ガス導入管10が取り付けられ、ウエーハ9の表面に薄膜を形成する際には、これら2つの導入管からそれぞれプラズマ生成ガスと反応ガスとを同時に導入する。

ここでプラズマ生成室内でのマイクロ波の挙動

ン化効率が最大となり、高密度のプラズマが得られる。成膜速度はプラズマ密度が大きいほど速いので、この位置で成膜すると従来より大きい成膜速度が得られる。マイクロ波透過窓と被処理面との間隔を $\lambda/2$  ( $\lambda$  は真空中のマイクロ波の波長) にすれば、この位置は必ず含まれる。仮にその位置をはずれてもプラズマ密度は0でなく、従来の反応室のプラズマ密度よりは大きいので成膜速度を増すことが可能となる。

プラズマの誘電率 $\epsilon$ は真空中の誘電率 $\epsilon_0$ と異なる次の式で与えられる。

$$\epsilon = 1 - \frac{\omega_{pe}^2}{\omega(\omega - \omega_{ce})}$$

$\omega_{pe}$  : 電子サイクロトロン周波数 $= 2.8 \times 10^6 \times \sqrt{N_e}$  (Hz)

$\omega_{ce}$  : 電子プラズマ周波数 $= 0.98 \times 10^6 \times \sqrt{N_e}$  (Hz)

$\omega$  : マイクロ波周波数 $= 2.45 \times 10^6$  (Hz)

例えば磁束密度 $B = 1000$  Gauss、電子密度 $N_e = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  のとき  $\epsilon = 1 + 0.94 = 1.94$  となる。

従って上記B、 $N_e$ におけるプラズマ中のマイクロ波の波長 $\lambda$ は、真空中における円筒空洞共振器

とプラズマ生成につて説明する。プラズマ生成室内の偶極電子はマイクロ波の電界Eと励磁コイルの作る外部磁界Bとの作用でサイクロトロン運動を行い、ガス分子と衝突してこれをイオン化する。マイクロ波の周波数 $f = 2.45 \text{ GHz}$ 、磁界強度 $B = 875$  Gaussのとき電子のサイクロトロン周波数とマイクロ波の周波数とが一致するので電子のサイクロトロン共振(BCR)をおこし、電子の行程が増す。プラズマ生成室のガス圧力を $1 \text{ Torr}$  近辺にすることでイオン化効率が向上し、高密度のプラズマが得られる。

プラズマ室の形状はマイクロ波を効率よくプラズマに吸収させるため円筒空洞共振器構造をしている。例えば矩形導波管内をマイクロ波がTE<sub>11</sub>モードで伝搬するとき、プラズマ室の内径を $290 \text{ mm}$ 、高さを $190 \text{ mm}$ にするとプラズマ室内でTE<sub>11</sub>モードの定在波が生じ、マイクロ波の進行方向に順が3個存在する(第4図)。マイクロ波の電界強度Eはマイクロ波の進行方向に垂直であり、順の位置で電界強度が最高なのでこの位置でイオ

内のマイクロ波の波長を $\lambda$ とすれば

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon}} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1.94}} = 0.72 \times \lambda_0 \quad (\text{第4図(b)})$$

となる。

プラズマ密度が増すにつれ波長 $\lambda$ は短くなるので被処理面を真空透過窓2に $0 \sim \lambda/2$ の範囲内に接近させることで大きい成膜速度が得られる。

第2図に上記実施例の形状例を示す。この例ではプラズマ生成室3はマイクロ波のTE<sub>11</sub>モードに相当した高さ、すなわちマイクロ波の半波長にほぼ等しい高さを有し、上記実施例の場合の約1/3と、かなり小形化されている。ここでもウエーハ9の被処理面とマイクロ波透過窓2との間隔は $\lambda/2$ 以下に保たれ、上記実施例と比べ、装置本体がさらに小形化され、また、これに伴い、直線駆動機構も小形化されている。

なお、第1図および第2図に示すマイクロ波プラズマ処理装置は、プラズマ生成ガスをエッチングガスとするだけでエッチング装置となる。本発明は、このエッチング装置も包含するものである。

## 〔発明の効果〕

以上に述べたように、本発明においては、軸方向に形成されプラズマ生成ガスが導入されるプラズマ生成室にマイクロ波透過窓を通してマイクロ波を導入するとともに該プラズマ生成室内に磁界を形成してマイクロ波プラズマを生成し、このプラズマをステージに設置された被処理物の表面に照射して表面を処理するマイクロ波プラズマ処理装置を、前記プラズマ生成室の反マイクロ波透過窓側がステージおよび被処理物が空隙を保って軸方向に通過可能に形成されるとともに、該反マイクロ波透過窓側に、ステージをプラズマ生成室の軸方向に通過させる直線駆動機構を備えたとともにロードロック室と仕切り弁を介して連通して内部でステージへの被処理物の受渡しが行われる受渡し室を備えた構成とし、被処理物の処理時に被処理面をプラズマ室内に位置させる装置としたので、被処理物の被処理面はプラズマ生成室内の密度の高いプラズマ照射を受け、反応室を備えた従来の装置では到達不可能な成膜速度を得ることが

である。

そして、プラズマ中のマイクロ波は波長が真空中と比べて短くなるとともに、プラズマに吸収されて先へ進まなくなり、プラズマの生成はマイクロ波透過窓に近いほど活発に行われることから、上記装置を、プラズマ生成室がマイクロ波透過窓のプラズマ生成室内側部の面から反マイクロ波透過窓側端面に到る軸方向の長さをマイクロ波波長の $1/2$ 以上に形成され、被処理物の処理時に被処理面とマイクロ波透過窓との間隔をマイクロ波波長の $1/2$ 以下に設定する装置とすることにより、被処理面とマイクロ波透過窓との間隔内に電界強度が最大の、従ってプラズマ生成量が最大の位置が含まれ、成膜速度を可能最大とすることができ、しかも、プラズマ生成室は定在波の半波長を3個とした通常の大きさのものと比較して高さが大幅に低くなり、また、従来の反応室は被処理物受渡しのための受渡し室としてより小形化されるため、装置本体が小さくなり、直線駆動機構がステージの軸方向移動量の増加分や中大形化する欠

点を十分補って装置のコスト上昇を抑えることができる。

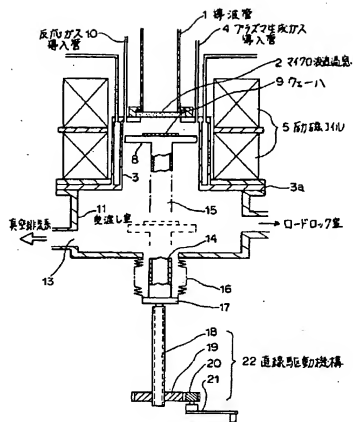
また、この小形化された装置本体を有するマイクロ波プラズマ処理装置を用いて被処理物を処理する際の装置の操作方法を、プラズマ生成室内を真空引きしてロードロック室から受渡し室内で待機中のステージへ被処理物を受け渡した後、直線駆動機構を操作してステージをマイクロ波透過窓方向へ微小ピッチで前進させて被処理物の被処理面とマイクロ波透過窓との間隔がマイクロ波波長の $1/2$ 以下となる適宜の位置に停止させ、プラズマ生成室内に処理に用いるすべてのガスを導入しつつ被処理物を処理する操作方法としたので、被処理物の被処理面の位置設定が微小ピッチで行われ、ガス種、ガス流量、ガス圧力等の成膜条件が定っても成膜速度が最大となる位置、あるいは成膜速度が十分大きくかつ膜厚分布がより一様となる位置など、目的に最も適した被処理面の位置を精度よく求めることができる。

## 4. 図面の簡単な説明

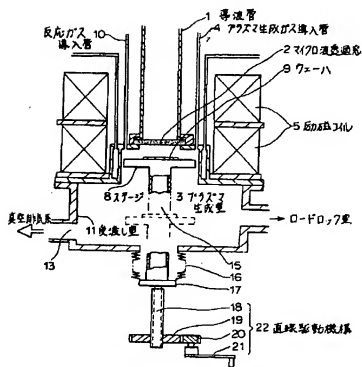
第1図は本発明の一実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す縦断面図、第2図は第1図の実施例の変形例を示す装置の縦断面図、第3図は従来のマイクロ波プラズマ処理装置の構成例を示す縦断面図、第4図は円筒空間共振器として形成されたプラズマ生成室内のマイクロ波の状態を説明する図であって、同図例はプラズマ生成時の波長を示す図、同図例はプラズマ生成後の波長と軸方向の減衰を示す図である。

1: 導波管、2: マイクロ波透過窓、3: プラズマ生成室、4: プラズマ生成ガス導入管、5: 励磁コイル、8: ステージ、9: ウエーハ(被処理物)、10: 反応ガス導入管、11: 受渡し室、22: 直線駆動機構。

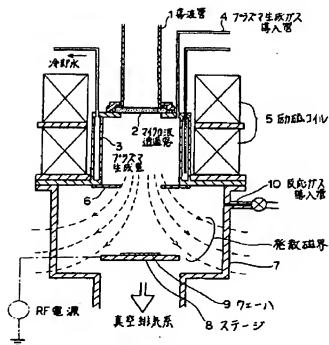
代理人山本 山口 豊



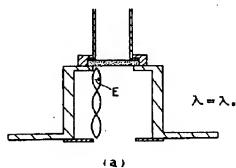
第 1 図



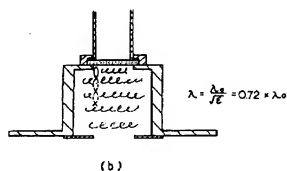
第 2 図



第 3 図



(a)



(b)

第 4 図